

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-257144
(43)Date of publication of application : 11.09.2002

(51)Int.CI. F16C 33/62
C22C 38/00
C22C 38/18

(21)Application number : 2001-055726 (71)Applicant : NSK LTD
(22)Date of filing : 28.02.2001 (72)Inventor : KIUCHI AKIHIRO
MURAKAMI YASUO
FUJITA SHINJI

(54) ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rolling bearing which is costless and durable even when used in a high vibration, heavy load, and high temperature environment.

SOLUTION: The fixed ring of the rolling bearing provided with the fixed ring, the rotation ring, and the rolling body is made of a steel composed of 0.8–1.1% of C, 0.1–1.2% of Si, 0.2–1.2% of Mn, 0.8–1.8% of Cr, and the rest of iron and inevitable impurities and the truck face has 10–30% of carbide in the areal ratio and 50% or more carbide by areal ratio have 0.5 μm or smaller particle size and further, the solid solution carbon ranges 0.5–0.65%.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-257144

(P2002-257144A)

(43)公開日 平成14年9月11日 (2002.9.11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
F 16 C 33/62		F 16 C 33/62	3 J 10 1
C 22 C 38/00	301	C 22 C 38/00	301Z
38/18		38/18	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号	特願2001-55726(P2001-55726)	(71)出願人 000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22)出願日	平成13年2月28日 (2001.2.28)	(72)発明者 木内 昭広 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(72)発明者 村上 保夫 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(74)代理人 100066980 弁理士 森 哲也 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 転がり軸受

(57)【要約】

【課題】 高振動、高荷重、高温が作用するような環境下において使用されても長寿命で、且つ低コストな転がり軸受を提供する。

【解決手段】 固定輪と回転輪と転動体とを備える転がり軸受の前記固定輪を、Cを0.8~1.1%、Siを0.1~1.2%、Mnを0.2~1.2%、Crを0.8~1.8%含有し、残部が鉄及び不可避の不純物である鋼で構成し、その軌道面は面積率で10~30%の炭化物を有するとともに、その炭化物のうち面積率で50%以上のものは粒径が0.5μm以下であり、さらに、前記鋼中に固溶した炭素の量は0.5~0.65%とした。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定輪と、回転輪と、前記固定輪と前記回転輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、前記固定輪、前記回転輪、及び前記転動体のうち少なくとも前記固定輪は、炭素を0.8～1.1%、ケイ素を0.1～1.2%、マンガンを0.2～1.2%、クロムを0.8～1.8%含有し、残部が鉄及び不可避の不純物である鋼で構成され、その軌道面は面積率で10～30%の炭化物を有するとともに、その炭化物のうち面積率で50%以上のものは粒径が0.5μm以下であり、さらに、前記鋼中に固溶した炭素の量は0.5～0.65%であることを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、転がり軸受に係り、特に、高振動、高荷重、高温が作用するエンジン補機類（オルタネータ、電磁クラッチ、中間ブーリ、コンプレッサー等）に好適に使用される転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、転がり軸受には使用中に高いヘルツ応力が作用するので、転動寿命を向上させるために、軌道輪等に焼入れ、焼戻し処理を施して、軸受表面硬さをHRC58～65程度に高めている。例えば、一般的に転がり軸受に使用されるSUJ2の場合は、球状化炭化物（セメンタイト）とフェライトからなる材料を820～850°Cに加熱し、油焼入れを行ってマルテンサイト変態させ、その後に150～180°Cにて焼戻しを行う。このような処理により、表面硬さはHRC62程度に高められ、マルテンサイト、10%程度の残留オーステナイト、及び数%のセメンタイトの3種が混合する組織となる。

【0003】 一方、一般的転がり軸受においては、軌道面と転動面とに生じるせん断応力の作用により、材料中に存在する非金属介在物などを起点としてはくりが生じる。特に、自動車のエンジン補機類に使用される転がり軸受には、高振動や高荷重が加わるため、特に特定位置に繰り返し応力を受ける固定輪において、軌道面の直下に白色組織への変化（炭素が移動してフェライトになる）や微細なクラックが生じて、短時間ではくりに至る場合がある。

【0004】 その上、近年の自動車の小型化、軽量化に伴い、エンジン補機類に対しても小型化、軽量化が求められており、さらに高性能化、高出力化も求められているので、エンジンの作動時においては、例えばオルタネータ用の転がり軸受には高速回転に伴う高振動、高荷重（4～20G程度）がベルトを介して作用するとともに、高温状態（約90～130°C）にて使用されること

となる。

【0005】 そうすると、固定輪である外輪の負荷圏の最大せん断応力位置に、マトリックスに固溶している炭素（C）が疲労によって拡散、凝集して、白色組織への変化が生じ、これがポイドを含んだ微小亀裂を発生させてはくりの起点となる。その結果、軸受の計算寿命と比較して約1/5～1/20程度の早期にて軸受寿命に至る（日本鉄鋼協会講演論文集第137回春季講演大会CAMP-ISIJ Vol. 12 (1999), p 351～354）。

【0006】 上記のような問題を解決する方法としては、残留オーステナイトの量を6%以下とする方法が特許第2852513号に開示されている。残留オーステナイトは上記のような環境下においては組織的に不安定で降伏強度を低下させるので、軸受鋼（SUJ2）に通常の焼入れ温度（845°C）にて焼入れ処理を施した後に高温焼戻し（350°C）を施すことで、残留オーステナイトを減少させ、寿命を延長させたものである。

【0007】 また、特開平4-28845号公報には、Cの含有量をSUJ2等よりも低くし（0.65～0.90%）、且つ、Cr量を2～5%と高くし、さらに、Ni, Mo, Vのうち少なくとも1種の元素を添加して、マトリックス強度を向上させる技術が記載されている。また、本発明者らは、Cの含有量は従来のSUJ2とほぼ同等の0.80～1.10%とし、Cr, Mo, V, Ti, Cuなどの炭化物形成元素を2種類以上組み合わせて使用して異なる種類の炭化物を析出させることにより、白色組織が生成する元となる炭素の拡散を抑制又は防止する方法を見出した。

【0008】 さらに、固定輪の早期はくりを防止する対策として、「SAEテクニカルペーパー：SAE950944（開催日1995.2.27～3.2）」の第1項～第14項には、オルタネータ用軸受の疲労メカニズムを解明し、封入グリースをEグリースからMグリースに変更することが開示されている。このMグリースはダンパー効果が高いので、高振動、高荷重下で使用されている軸受に用いると振動及び負荷を十分に吸収して、固定輪の早期はくりを防止できる旨が記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述の特許第2852513号の方法においては、残留オーステナイトの減少を目的として高温焼戻しを行っているため、硬さが大きく低下してしまうという問題点があった。さらに、焼入れの温度条件が通常の条件であるため、高温の焼戻しによってマトリックス中の炭素が炭化物として析出してしまい、マトリックスの強度が低下するという問題点もあった。このため、近年ますます高まっているエンジン補機類に対する高速化、高性能化の要求には、該方法では十分に対応することができない場合があった。

【0010】また、特開平4-28845号公報に記載の方法のように、単に炭素含有量が低い鋼を使用するだけでは、マトリックス中の炭素の拡散速度を遅くして白色組織を生じさせないようにする効果は十分ではない。さらに、前述の本発明者らが見出した方法は、マトリックス中の炭素の拡散速度を遅くして白色組織を生じさせないようにする効果は期待できるものの、高価な元素を添加するためコストが高くなるという課題があり、低コスト化に対してはさらに改善の余地がある。

【0011】そこで本発明は、このような従来の転がり軸受が有する問題点を解決し、高振動、高荷重、高温が作用するような環境下において使用されても長寿命で、且つ低コストな転がり軸受を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち、本発明の転がり軸受は、固定輪と、回転輪と、前記固定輪と前記回転輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、前記固定輪、前記回転輪、及び前記転動体のうち少なくとも前記固定輪は、炭素を0.8~1.1%、ケイ素を0.1~1.2%、マンガンを0.2~1.2%、クロムを0.8~1.8%含有し、残部が鉄及び不可避の不純物である鋼で構成され、その軌道面は面積率で10~30%の炭化物を有するとともに、その炭化物のうち面積率で50%以上のものは粒径が0.5μm以下であり、さらに、前記鋼中に固溶した炭素の量は0.5~0.65%であることを特徴とする。

【0013】このような構成であれば、高振動、高荷重、高温が作用するような環境下において使用されても長寿命で、また、高価な元素を使用していないため低コストである。以下に、本発明の転がり軸受が前記環境下において長寿命である理由を説明する。

【0014】上記のような組成の鋼に通常の焼入れ温度よりも高温で焼入れを施すと、十分多量の炭素がマトリックス中に固溶する。そして、これに通常の焼戻し温度よりも高温で焼戻しを施すと、マトリックス中に固溶した炭素が微細な炭化物として多量に析出する。この微細な炭化物がピン止め効果を果たすため、マトリックスに固溶している炭素の拡散、凝集が抑制されて白色組織が生じにくくなるので、転がり軸受が長寿命となる。

【0015】軌道面に存在する炭化物の量が面積率で10%未満であると、炭素の拡散、凝集を十分に抑制できず白色組織が発生しやすくなり、30%超過であると、マトリックス中に固溶した炭素の量が減少するため硬さが低下するとともに、マトリックスの強度が低下し白色組織が発生しやすくなる。また、ピン止め効果は、粒径が50μm以下の微細な炭化物によって主に発現し、粒径が50μmよりも大きい炭化物によっては発現しにく

い。さらに、軌道面に存在する炭化物のうち粒径が50μm以下の微細な炭化物の割合が面積率で50%未満であると、ピン止め効果が不十分となる。

【0016】上記の炭化物は、通常の温度での焼入れ、焼戻しを施した場合に生じる炭化物と比較して、その大きさが微細で且つその量が多い。また、高温での焼入れによって十分多量の炭素がマトリックス中に固溶するから、高温での焼戻しを施した後においても、通常の温度での焼入れ、高温での焼戻しを施した場合と比較して、マトリックス中に固溶している炭素の量が多く0.5~0.65%となっている。これらのことから、固定輪の負荷圧の最大せん断応力位置における耐疲労性が優れている。マトリックス中に固溶している炭素の量が0.5%未満であると、マトリックスの強度が低下するとともに十分な硬度が得られず、0.65%超過であると、白色組織の抑制に効果的な炭化物が結果的に得られなくなる。

【0017】なお、マトリックス中に固溶している炭素の量の定義方法、測定方法は、特に限定されるものではないが、下記式により定義される固溶炭素の量を採用することは好ましい。

$$[C]_M = (100 \times C - C\theta \times < C >) / (100 - C\theta)$$

なお、[C]_M は前記鋼中に固溶した炭素の量(%)、Cθ は前記鋼中の全炭化物量(%)、< C > は炭化物中の炭素量(%)、C は前記鋼中の全炭素量(%)である。

【0018】本発明においては、鋼の焼入れ温度は、850~880°Cとすることが好ましい。このように通常の焼入れ温度よりも高温で焼入れを施せば、マトリックスに十分多量の炭素を固溶させることができる。鋼の焼入れ温度が850°C未満であると、マトリックスに固溶する炭素の量が不十分となり、880°C超過であると、マトリックス中に炭素が過多に固溶してしまい、所定の焼戻しでは必要量の炭化物が析出しない。

【0019】また、本発明においては、鋼の焼戻し温度は、230~270°Cとすることが好ましい。このように通常の焼戻し温度よりも高温で焼戻しを施せば、マトリックス中に固溶した炭素が微細な炭化物として多量に析出する。すなわち、軌道面の炭化物のうち50%以上のものが、粒径0.5μm以下の微細な炭化物となる。鋼の焼戻し温度が230°C未満であると、析出する微細な炭化物の量が不十分となり、270°C超過であると、硬さが低下し転がり軸受が短寿命となる。なお、焼入れによって炭素がマトリックス中に十分多量に固溶していないと、所定の焼戻しを行った際に、鋼の硬さを十分なもの(HRC59以上)とすることはできない。

【0020】次に、本発明における鋼に添加される各元素について説明する。

(1) 炭素 (C)

Cの含有量は、0.80～1.10%である必要がある。Cは軸受に必要とされる硬さと炭化物を得るために添加される元素であり、軸受に優れた寿命を付与するために必要十分な硬さと、微細な炭化物が析出した後に白色組織へ変化することを防止するために有効なマトリックス強度とを得るために、0.80%以上必要である。

【0021】一方、Cの含有量が1.10%を超えると、製鋼時に巨大炭化物が発生したり、偏析が強くなったりする。このため、通常SUJ2などの軸受鋼において行われている偏析を軽減するためのソーキング処理（拡散処理）では、巨大炭化物の発生や偏析を十分に調整できない場合があり、その結果、疲労寿命が低下するおそれがある。

【0022】(2) ケイ素(Si)

Siの含有量は、0.10～1.20%である必要がある。Siは、素材の製鋼時に脱酸剤として使用され、焼入れ性を向上させるとともにマトリックス中のマルテンサイトを強化するので、軸受の寿命を向上させることに対して有効である。また、Siは焼戻し軟化抵抗性を得るのに有効な元素でもあり、近年のエンジン補機類に対する高温化要求を満足するために、適量の添加が効果的である。

【0023】焼入れ性の向上及びマトリックス強化への効果を得るためにには、Siは0.10%以上必要である。一方、Siが多すぎると被削性や鍛造性等の加工性が劣化するので、上限を1.20%とする必要がある。

(3) マンガン(Mn)

Mnの含有量は、0.20～1.20%である必要がある。

【0024】Mnは焼入れ性を向上させる元素であるが、その効果を得るためにには0.20%以上の添加が必要である。また、Mnの含有量が1.20%を超えると加工性が低下する。なお、Sが存在すると、寿命低下の要因となり得る非金属介在物であるMnSが生じるため、Sの含有量を0.02%以下としてMnSの生成量を少なくすることが好ましい。

【0025】(4) クロム(Cr)

Crの含有量は、0.80～1.80%である必要がある。Crは軸受に必要な硬さと炭化物を得るために重要な元素であり、焼入れ性、焼戻し軟化抵抗性の向上など、基地マルテンサイトを強化する元素である。高温で焼入れた後、高温で油焼戻しを行った場合に、長寿命効果を奏するために必要十分な炭化物の量（面積率）と硬さとを得るためにには、Crの含有量の下限は0.80%とする必要がある。

【0026】一方、Crの含有量が1.80%を超えると、製鋼時に巨大炭化物が発生したり、偏析が強くなったりする。このため、通常SUJ2などの軸受鋼において行われているソーキング処理では、巨大炭化物の発生

や偏析を十分に調整できない場合があり、また、Crの含有量が多くなると被削性を劣化させる場合もあるため、これらのこと为了避免のためには、Crの含有量の上限は1.80%とする必要がある。

【0027】(5) モリブデン(Mo)、バナジウム(V)、ニッケル(Ni)

また、本発明における鋼は、合金成分としてさらに、Moを2.0%以下の範囲で、Vを2.0%以下の範囲で、Niを2.0%以下の範囲で含有させることが好ましい。Moは鋼に焼戻し軟化抵抗性を付与する元素であり、また、炭化物を形成する元素でもある。焼戻し軟化抵抗性が向上すると、高温で焼戻しを施した場合でも高い表面硬度を維持することができる。また、Moを含有する微細な炭化物が析出すると、ピン止め効果による組織変化の抑制に効果がある。

【0028】ただし、2.0%を超えてMoを添加してもこれらの効果は飽和しており、さらに、加工性が低下し高コストとなることから、Moの含有量は2.0%以下とすることが好ましい。Vは主として結晶粒界に析出して結晶粒の粗大化を抑制するとともに、鋼中の炭素と結合して微細な炭化物を形成する炭化物形成元素である。よって、Vを添加すると、高温での焼戻しの後にVが微細な炭化物として析出するので、ピン止め効果による組織変化の抑制に効果があり、さらに、表層部の硬さが高くなり耐摩耗性が向上する。

【0029】ただし、2.0%を超えてVを添加してもこれらの効果は飽和しており、さらに、加工性が低下し高コストとなることから、Vの含有量は2.0%以下とすることが好ましい。Niはマトリックスを強化して韌性を向上させる元素である。したがって、Niの添加により、さらなるマトリックス強化による寿命向上が期待できる。

【0030】しかし、2.0%を超えて添加すると残留オーステナイトが増加してしまい、焼入れ硬さが低下するため、転がり疲れ寿命が低下する。また、Niは高価な元素であるため多量に添加すると高コストとなることから、Niの含有量は2.0%以下とすることが好ましい。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明に係る転がり軸受の実施の形態を、図面及び表を参照しながら詳細に説明する。種々の組成の鋼からなる深みぞ玉軸受（呼び番号6303）を用意し（実施例1～9及び比較例1～5）、寿命試験を行った。

【0032】各玉軸受の外輪（後述する寿命試験においては固定輪となる）を構成する鋼の組成と熱処理条件（焼入れ、焼戻し）とを、表1に示す。

【0033】

【表1】

	鋼の組成(%)				熱処理条件(°C)	
	C	Si	Mn	Cr	焼入れ	焼戻し
実施例1	1.02	0.25	0.38	1.45	850	230
実施例2	1.02	0.25	0.38	1.45	850	270
実施例3	1.02	0.25	0.38	1.45	860	230
実施例4	1.02	0.25	0.38	1.45	860	270
実施例5	1.02	0.25	0.38	1.45	880	230
実施例6	0.80	1.20	0.50	0.80	880	230
実施例7	0.91	0.40	1.00	1.80	850	270
実施例8	1.10	1.00	0.40	1.40	860	230
実施例9	0.97	1.00	0.30	1.10	860	270
比較例1	1.02	0.25	0.38	1.45	840	180
比較例2	1.02	0.25	0.38	1.45	840	230
比較例3	1.02	0.25	0.38	1.45	840	270
比較例4	1.02	0.25	0.38	1.45	840	320
比較例5	1.02	0.25	0.38	1.45	850	180

【0034】どの玉軸受においても、外輪の表面硬さはHRC56~64、残留オーステナイトは0~20%、軌道面の表面粗さRaは0.01~0.05μmである。内輪及び転動体はSUJ2で構成され、通常の温度での焼入れ、焼戻しが施されている。そして、内輪及び転動体の表面硬さはHRC62~64、内輪の軌道面の表面粗さRaは0.01~0.05μm、転動体の表面粗さRaは0.003~0.010μmである。

【0035】なお、内輪及び転動体についても、外輪と同様の鋼で構成し、同様の熱処理を施してもよいことは勿論である。また、これらの玉軸受の外輪については、焼入れ、焼戻し処理後の完成品における炭化物(セメントタイト)の量CθをX線回折装置を利用して求め、別途測定した炭化物中の炭素量<C>及び全炭素量Cとともに前記式に代入してマトリックス中に固溶した炭素の量[C]Mを求めた。

【0036】なお、炭化物(セメントタイト)中の炭素量<C>は6.67%である。また、今回の外輪を構成する鋼においては、フェライト中の炭素量は0.006%であったので、0%と仮定した。X線回折装置には理学電機株式会社製のものを用い、X線をCoのKα線、管電圧を40KV、管電流を200mA、照射面積を12

0mm²とした。なお、炭化物の量CθはX線回折法に限らず、電子顕微鏡による面積定量法や、電解分離による化学的定量法でも、同様に測定することが可能である。

【0037】さらに、玉軸受の外輪については、焼入れ、焼戻し処理後の完成品における軌道面に存在する炭化物の量(面積率)を測定した。その測定方法は、まず、軌道面の組織を電子顕微鏡で撮影し、次いで画像解析装置を使用して撮影された画像の中から炭化物を拾い出し、その形状、寸法、面積、個数等を測定して炭化物の面積率を算出するというものである。

【0038】今回は、軌道面に存在する炭化物の量(面積率)と、そのうちの粒径が0.5μm以下の炭化物の前記炭化物(軌道面に存在する炭化物)に対する比率(面積率)と、を測定した。なお、電子顕微鏡は日本電子社製のJSM-T220A、画像解析装置はカールツァイス社製のIBAS2000を使用した。これらの測定結果のうち、Cθ、[C]M、及び粒径が0.5μm以下の炭化物の比率を表2にまとめて示す。

【0039】

【表2】

	Cθ (%)	[C]M (%)	微細炭化物の 比率 ¹⁾ (%)	寿命L ₁₀ (hr)	硬さ HRC	はくり (個)
実施例 1	6.9	0.60	50	1412	60.5	2
実施例 2	7.1	0.59	56	1500	59	0
実施例 3	6.2	0.65	53	1500	60.5	0
実施例 4	6.6	0.62	58	1500	59	0
実施例 5	6.2	0.65	60	1500	61	0
実施例 6	4.8	0.50	50	1398	61	2
実施例 7	6.0	0.54	56	1500	59	0
実施例 8	7.4	0.65	51	1500	63	0
実施例 9	6.0	0.60	55	1500	62.5	0
比較例 1	7.2	0.58	20	570	62	10
比較例 2	8.5	0.49	42	720	59.5	10
比較例 3	8.7	0.48	52	765	58	10
比較例 4	8.9	0.47	55	720	56	10
比較例 5	6.9	0.60	30	600	63.5	10

1) 外輪の軌道面に存在する炭化物のうち、粒径が0.5μm以下の炭化物の比率(面積率)

【0040】次に、このような玉軸受に対して行った寿命試験について説明する。寿命試験は、外輪を固定輪、内輪を回転輪として行った。寿命試験機には、所定の時間毎(9秒毎)に回転数を切り替える方式のベンチ急加減速試験機(前述のSAEテクニカルペーパー: SAE 950944に記載のものと同様の試験器である)を用いた。回転数は9000rpm及び18000rpmである。

【0041】また、玉軸受(実施例及び比較例)の荷重条件はP(負荷荷重)/C(動定格荷重)=0.10とし、封入グリースにはEグリースを用いた。この玉軸受の計算寿命は1350時間であるので、1500時間を経過しても寿命に至らなかつた場合は寿命試験を打ち切つた。そして、外輪の軌道面のはくりの有無を確認した。1種の玉軸受について10個ずつ寿命試験を行い、寿命L₁₀を算出して表2に示した。なお、表2における「はくり」の欄の数値は、10個の試験軸受のうちのはくりを生じた軸受の数である。

【0042】表2の結果をグラフ化したものを図1に示す。このグラフの横軸は、軌道面に存在する炭化物のうちの粒径が0.5μm以下の炭化物の比率(面積率)を示し、縦軸は寿命L₁₀と計算寿命との比(L₁₀/L_{cal})を示す。表2及び図1のグラフから分かるように、実施例2~5、7~9の玉軸受は、10個の試験軸受全てが1500時間を超えて外輪の軌道面にはくり

を生じなかつた。

【0043】また、実施例1、6の玉軸受は、10個の試験軸受のうちの2個が外輪の軌道面にはくりを生じたが、寿命L₁₀は計算寿命の1350時間より長くなつており、また、比較例と比べると極めて長寿命であった。このように前記組成の鋼で構成した外輪に、850°C以上の高温で焼入れを施した後、230°C以上の温度で焼戻しを施すと、その軌道面は面積率で10~30%の炭化物を有するとともに、その炭化物のうち面積率で50%以上のものは粒径が0.5μm以下となり、さらに、前記式で定義される前記鋼中に固溶した炭素の量[C]Mは0.5~0.65%となって、軸受が長寿命となることが確認された。

【0044】なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであつて、本発明は本実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、転がり軸受として深みぞ玉軸受を例示して説明したが、本発明は、他の種類の転がり軸受にも適用可能であることは勿論である。例えば、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、針状ころ軸受、円すいころ軸受、自動調心ころ軸受等のラジアル形の転がり軸受や、スラスト玉軸受、スラストころ軸受等のスラスト形の転がり軸受があげられる。

【0045】また、本発明の転がり軸受は、エンジン補機類のような高振動、高荷重、高温が作用するような環境下において長寿命であるが、他の環境下で使用しても

優れた寿命を有することは勿論である。

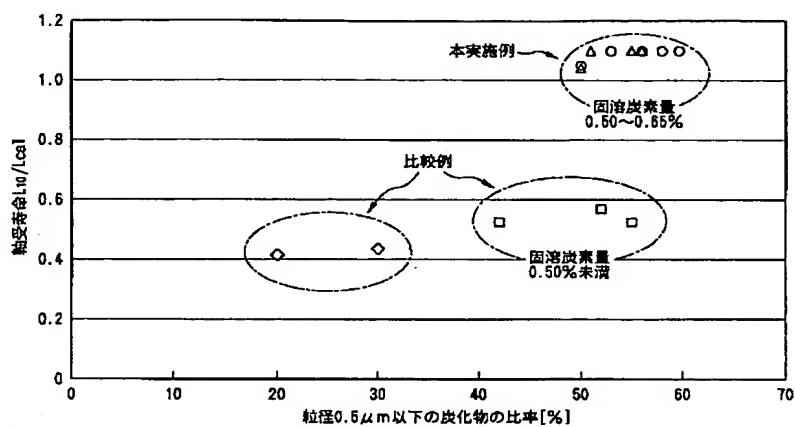
【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明の転がり軸受は、高振動、高荷重、高温が作用するような環境下において使用されても長寿命で、且つ低コストである。

【図面の簡単な説明】

【図1】外輪の軌道面に存在する炭化物のうちの粒径が0.5μm以下の炭化物の比率（面積率）と、軸受の寿命L₁₀と計算寿命L_{cal}との比の相関性を示すグラフである。

【図1】



フロントページの続き

(72) 発明者 藤田 慎治

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

Fターム(参考) 3J101 AA02 AA13 AA14 AA16 AA24
AA25 AA42 AA52 AA53 AA54
AA62 BA70 CA32 DA03 EA03
FA06 FA31 FA51 FA53 GA01
GA24 GA29 GA60